



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCOS AURÉLIO MARANGON

ÁCIDO INDOLBUTÍRICO, ÉPOCA DE COLETA E AQUECIMENTO DO SUBSTRATO NO  
ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE MIRTILEIRO (*Vaccinium ashei* Read.)

CURITIBA  
2010

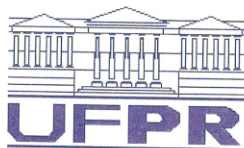
MARCOS AURÉLIO MARANGON

ÁCIDO INDOLBUTÍRICO, ÉPOCA DE COLETA E AQUECIMENTO DO SUBSTRATO  
NO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE MIRTILEIRO (*Vaccinium ashei* Read.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, Área de Concentração em  
Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e  
Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal do Paraná, como parte das  
exigências para a obtenção do título de Mestre em  
Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Biasi

CURITIBA  
2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
PRODUÇÃO VEGETAL


## PARECER


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pelo candidato **MARCOS AURELIO MARANGON**, sob o título “**ÁCIDO INDOLBUTÍRICO, ÉPOCA DE COLETA E AQUECIMENTO DO SUBSTRATO NO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE MIRTILEIRO (*Vaccinium ashei* Reade)**”, para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

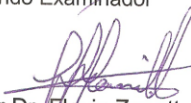
Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.


Curitiba, 30 de Setembro de 2010.

  
Professora Dra. Louise Larissa May De Mito  
Coordenadora do Programa

  
Dra. Claudine Maria de Bona  
Primeira Examinadora

  
Professor Dr. Mauro Brasil Dias Tofanelli  
Segundo Examinador

  
Professor Dr. Flavio Zanette  
Terceiro Examinador

  
Professor Dr. Luiz Antonio Biasi  
Presidente da Banca e Orientador

Mas se alguém tem falta de sabedoria,  
peça a Deus, e Ele a dará  
porque é generoso e  
dá com bondade a todos.  
Porém peçam com fé e  
não duvidem de modo nenhum,  
pois quem duvida é como  
as ondas do mar, que o  
vento leva de um lado para o outro.

Tiago 1:5-6

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a DEUS, meu Mestre, pelo amor supremo e milagres concedidos.

À Adriana, minha esposa querida, pelo amor, estímulo, auxílio e compreensão.

À minha mãe Ivone pelo amor incondicional e o melhor exemplo de vida.

Aos meus filhos amados, Débora, Daniele, Caroline e Lucas Gustavo, as principais razões de todo esforço, o amor, a ajuda e a compreensão.

Aos meus irmãos Sônia, Lorena, Leisa e Davi pelo amor e carinho.

Ao professor Dr. Luiz Antonio Biasi pela orientação, paciência, ensinamentos e pela conquista de uma amizade.

Ao Dr. Elcio Hirano pelo consentimento, estímulo e confiança.

À professora Dr<sup>a</sup>. Francine Cuquel pelo apoio e incentivo.

Ao Dr. Alvadi Balbinot Junior pelas sugestões e auxílio nos cálculos das análises estatísticas.

Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal pela oportunidade de estudo.

Ao professor Dr. Mauro Brasil Dias Tofanelli e a Marília Pereira Machado pelas orientações e sugestões na pré-defesa.

À Dra. Claudine Maria De Bona e aos professores Dr. Flavio Zanette e Dr. Mauro Brasil Dias Tofanelli pelas orientações, sugestões e correções durante a defesa.

Aos professores do curso de Pós-Graduação pelo ensinamento conceito “A”.

À EMBRAPA pela estrutura e aos colegas de trabalho pela dedicação nos trabalhos práticos.

Aos colegas da Pós-Graduação pelo agradável convívio durante o curso.

# **ÁCIDO INDOLBUTÍRICO, ÉPOCA DE COLETA E AQUECIMENTO DO SUBSTRATO NO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE MIRTILEIRO (*Vaccinium ashei* Read.)**

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de concentrações do ácido indolbutírico (AIB) e do aquecimento do substrato sobre o enraizamento de estacas caulinares das cultivares de mirtilheiro Bluebelle, Bluegem e Powderblue, nas quatro estações do ano. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 4x5x2 (estações x concentrações de AIB x com e sem aquecimento do substrato), com 4 repetições e 20 estacas como unidade experimental. Foram avaliadas as percentagens de estacas enraizadas, mortas, vivas e com calo, e o número e o comprimento médio de raízes. As maiores percentagens de enraizamento foram 57,1% na 'Bluegem', no verão, 30% na 'Bluebelle', na primavera, com aquecimento, e 63% na 'Powderblue', no verão, com aquecimento. O AIB na concentração de 2.000 mg L<sup>-1</sup> aumentou o enraizamento de estacas das cultivares Bluegem e Powderblue. O aquecimento do substrato melhora o enraizamento das estacas coletadas no outono e no inverno, em todas as cultivares e, também, das estacas coletadas no verão e na primavera, na cultivar Bluebelle.

**Palavras Chave:** *Vaccinium ashei*, auxina, enraizamento, propagação vegetativa.

# **INDOLEBUTYRIC ACID , COLLECTION SEASON AND THE SUBSTRAT HEATING IN THE ROOTING OF BLUEBERRY CUTTINGS (*Vaccinium ashei* Read.)**

## **ABSTRACT**

The objective of this work was to evaluate the effects of the application of concentrations of indolebutyric acid (IBA) and of bottom heat on rooting of stem cuttings of the blueberry cultivars Bluebelle, Bluegem, and Powderblue in the four seasons of the year. A completely randomized design was used, with a 4x5x2 factorial arrangement (seasons x concentrations of IBA x with and without heat), with 4 replicates and 20 stem cuttings as an experimental unit. The percentage of rooted cuttings, dead, alive and with callus, and the number and average length of the roots were evaluated. The highest rooting percentages were 57.1% for 'Bluegem' in summer, 30% for 'Bluebelle' in spring, with heating, and 63% for 'Powderblue' in summer with heating. IBA at the concentration of 2,000 mg L<sup>-1</sup> increased the rooting of cuttings of the cultivars Bluegem and Powderblue'. Bottom heat increases the rooting of the cuttings harvested during autumn and winter in all cultivars, and also the cuttings harvested during summer and spring in the Bluebelle cultivar.

**Key words::** *Vaccinium ashei*, auxin, rooting, vegetative propagation.

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1.** Percentagem de estacas enraizadas, mortas, vivas e com calo das cultivares de mirtilheiro Bluegem, Bluebelle e Powderblue, tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico em substrato com (CA) e sem (SA) aquecimento, nas quatro estações do ano.....21
- TABELA 2.** Percentagem de estacas enraizadas, e com calo de mirtilo cv. Bluegem tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico em substrato com e sem aquecimento, nas quatro estações do ano..... 22
- TABELA 3.** Porcentagem de estacas enraizadas de mirtilo cvs. Bluebelle e Powderblue tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico em substrato com (CA) e sem (SA) aquecimento, nas quatro épocas do ano.....23
- TABELA 4.** Percentagem de estacas enraizadas e com calo de mirtilo cv. Bluegem, tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico, nas quatro estações do ano, sob efeito do aquecimento do substrato..... 25
- TABELA 5.** Percentagem de estacas enraizadas, vivas, mortas e com calo de mirtilo cvs. Bluegem e Powderblue em substrato com e sem aquecimento, em quatro épocas do ano, sob efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico.....27
- TABELA 6.** Porcentagem de estacas com calo de mirtilo cv. Bluebelle em substrato com (CA) e sem (SA) aquecimento, em quatro épocas do ano, sob efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico.....28
- TABELA 7.** Número e comprimento de raízes emitidas por estaca das cultivares de mirtilheiro Bluegem, Bluebelle e Powderblue, tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico em substrato com e sem aquecimento, sob efeito da estação do ano.....29
- TABELA 8.** Número e comprimento de raízes emitidas por estaca das cultivares de mirtilheiro Bluegem, Bluebelle e PowderBlue, em substrato com e sem aquecimento, em quatro estações do do ano, sob efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico.....30
- TABELA 9.** Número e comprimento de raízes emitidas por estaca das cultivares Bluegem, Bluebelle e Powderblue de mirtilheiro tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico, nas quatro estações do ano, sob efeito do aquecimento do substrato.....30

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Aspecto geral da instalação do experimento em casa-de-vegetação com o auxílio de sistema automático de irrigação por nebulização intermitente.....17
- FIGURA 2.** Matrizes de Mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade), grupo rabbiteye, Bluegem (a); cv. Bluebelle (b) e cv. Powderblue (c)..... 18
- FIGURA 3.** Aspectos das instalações do experimento: Estacas em bandejas metálicas com substrato (a); sistema de aquecimento do substrato (b); detalhe da serpentina de cobre para o aquecimento do substrato(c); Quadro regulador da irrigação intermitente (temporizador) e aquecimento do substrato (termostato).....19
- FIGURA 4.** Aspecto das estacas enraizadas de Mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade), grupo rabbiteye, coletadas no verão : cv. Powderblue (a); cv. Bluegem (b) e cv. Bluebelle (c).....22
- FIGURA 5.** Aspecto das estacas enraizadas em substrato com aquecimento (CA) e sem Aquecimento (SA) de Mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade), grupo rabbiteye, coletadas no inverno: cv. Bluegem SA (a) e CA (b); cv. Bluebelle SA (c) e CA (d); cv. Powderblue SA (e) e CA (f). .....24



## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>                                    | <b>10</b> |
| 2.1 O MIRTILEIRO .....  | 10        |
| 2.2 PROPAGAÇÃO DO MIRTILEIRO.....                                       | 11        |
| 2.3 RIZOGÊNESE EM ESTACAS.....  | 12        |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                       | <b>17</b> |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                   | <b>21</b> |
| 4.1 PERCENTAGEM DE ESTACAS ENRAIZADAS, VIVAS, MORTAS<br>E COM CALO..... | 21        |
| 4.2 NÚMERO E COMPRIMENTO DE RAÍZES EMITIDAS<br>POR ESTACA.....          | 28        |
| <b>5. CONCLUSÕES.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>36</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

O mirtilheiro (*Vaccinium spp.*) é uma espécie frutífera originária de algumas regiões da Europa e da América do Norte, onde é muito apreciada em razão do seu sabor agridoce e das suas propriedades como alimento funcional (Antunes, 2006). Cultivares do grupo “highbush” (*Vaccinium corymbosum* L.) e do grupo “rabbiteye” (*V. ashei*) apresentam elevados teores de antocianinas e fenóis totais, além de elevada atividade antioxidante (Beccaro et al., 2006). Essas características nutracêuticas atraem consumidores de diversos níveis econômicos, e a fruta atinge altos valores no mercado externo, o que representa boa alternativa para a cadeia produtiva de regiões ainda com pouca tradição na produção da fruta, como a América do Sul (Madail & Santos, 2006).

Os Estados Unidos é o maior produtor de mirtilo e produziu em 2008, 158.303 t, o que representou 48% da produção mundial, seguido pelo Canadá, com 95.516 t. Juntos, estes países representaram mais de 77 % da produção total (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010). Os Estados Unidos, além de maior produtor, também é um grande importador, uma vez que o elevado índice de consumo interno absorveu em 2008 cerca de 30% da produção do restante do mundo, chegando próximo de 80 % na entressafra. Dessa forma, cria-se uma oportunidade para os países do hemisfério sul abastecerem esse mercado, como já ocorre com o Chile e a Argentina, de outubro a abril (Madail & Santos, 2006).

O Brasil não aparece nas estatísticas oficiais, pois sua produção ainda é muito pequena. Em 2004, estimou-se que a área de produção, no país, era de apenas 25 ha (Banados, 2006). Entre as diversas cultivares estudadas no Brasil, destacam-se, como as mais produtivas, a Bluebelle, a Briteblue e a Bluegem (Antunes et al., 2008).

Essa frutífera se enquadra muito bem no nicho da agricultura familiar, pois requer uso intensivo de mão de obra, alto valor agregado por área, pequenas áreas para o cultivo, colheita de forma escalonada por vários dias e baixo índice de mecanização, o que oferece inúmeras possibilidades para a indústria caseira e as pequenas agroindústrias.

A procura pelo mirtilo no mercado interno tem sido grande, mas a expansão das áreas de cultivo não acompanha esta demanda. Entre os fatores que dificultam a expansão, está a pequena disponibilidade de mudas oferecidas pelos viveiristas, resultante da dificuldade técnica de propagação desta espécie frutífera. A propagação por sementes, em nível comercial, não é utilizada, pois a segregação genética origina descendentes com características diferentes da planta matriz (Hoffmann et al., 1995). Contudo, bons resultados têm sido obtidos na micropropagação para a produção de mudas, dependendo da cultivar (Zhang et al., 2006; Schuch et al., 2008; Damiani & Schuch, 2009), e, também, na microestaquia a partir de plantas matrizes micropropagadas (Schuch et al., 2007). A produção

comercial de mudas é basicamente obtida pela estaquia. Entretanto, os resultados dessa técnica variam de acordo com a cultivar (Fischer et al., 2008a, 2008b; Trevisan et al., 2008) e com as condições ambientais de cada viveiro (Piller et al., 2002).

O conhecimento sobre a capacidade de enraizamento das cultivares e sua resposta à aplicação de reguladores vegetais permite a obtenção de resultados mais satisfatórios na propagação por estaquia (Fachinello et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de concentrações do ácido indolbutírico (AIB) e do aquecimento do substrato sobre o enraizamento de estacas caulinares das cultivares de mirtilo Bluebelle, Bluegem e Powderblue, nas quatro estações do ano.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O MIRTILEIRO

O mirtilheiro é uma planta frutífera de clima temperado, caducifólia pertencente à família Ericaceae, subfamília Vaccinoideae e ao gênero *Vaccinium*. Possui porte arbustivo, com hábito ereto ou rasteiro. Produz frutos tipo baga, de coloração azul-escura, com muitas sementes, envolvidas em uma polpa de coloração esbranquiçada de sabor agri-doce. Os frutos são de cor azul intensa, recobertos de cera, com diâmetro entre 1,0 a 2,5 cm e 1,5 g de peso e podem ser destinados tanto para o consumo "in natura" quanto para o processamento (Kluge et al., 1994). Esta fruta apresenta grande importância comercial, em países da Europa e nos Estados Unidos e recentemente outros países, localizados fora deste eixo, têm manifestado interesse no seu cultivo (Pagot & Hoffmann, 2003; Inia, 1988).

Há muitas espécies de mirtilo, sendo que as principais, com expressão comercial, são divididas em três grupos (Raseira, 2006), de acordo com o genótipo, hábito de crescimento, tipo de fruto produzido, entre outras características. Estes grupos são:

a) “Highbush” (arbusto alto), tetraplóide, originário da costa oeste da América do Norte. Sua produção, dentre os demais grupos, é a de melhor qualidade, tanto em tamanho quanto em sabor dos frutos. São plantas de dois ou mais metros de altura. A necessidade de frio hibernar das plantas desse grupo está geralmente entre 650 e 850 horas. Sendo o *Vaccinium corymbosum* L., sua principal espécie;

b) “Lowbush” (arbusto de pequeno porte), diplóide, tem hábito de crescimento rasteiro e produz frutos de pequeno tamanho, cujo destino é a indústria processadora. As plantas têm menos de 0,5 m de altura. A maioria delas pertence à espécie *Vaccinium angustifolium*, embora estejam nesse grupo, o mirtilo do Canadá (*Vaccinium myrtilloides* e *Vaccinium boreale*). Características desejáveis da espécie *Vaccinium angustifolium* são: baixo porte das plantas, maturação precoce e concentrada, resistência à seca, resistência ao frio, produtividade e doçura, sendo características negativas: auto-infertilidade, pequeno tamanho das frutas, hábito de crescimento muito aberto, alta exigência em frio hibernar (> 1000 horas), maciez da fruta e baixa acidez.

c) “Rabbiteye”, hexaplóide, originário do Sul da América do Norte. Compreende a espécie *Vaccinium ashei* Reade. As plantas desse grupo, podem alcançar até 10 metros de altura. Apresenta maior produção por planta e seus frutos têm uma maior conservação em pós-colheita. Apresenta maior importância comercial em regiões com menor disponibilidade de frio, além da sua tolerância a temperaturas elevadas e à deficiência hídrica. As cultivares do grupo rabbiteye necessitam de um terço

ou até mesmo da metade de horas de frio do que as do grupo highbush. Brotam e florescem bem, com apenas 360 horas de frio.

A faixa de pH mais indicada vai de 4,5 a 5,0. Quando o solo apresentar um valor mais elevado que 5,5, o mesmo poderá ser usado para o cultivo do mirtilo, desde que as demais práticas agrícolas estejam otimizadas. Nesse caso, é recomendada a aplicação de enxofre elementar ao solo, com a finalidade de abaixar o pH e, assim, oferecer melhores condições de desenvolvimento das plantas. No entanto, quando este valor se situa acima de 6,0, o abaixamento do pH é difícil e muito oneroso, sendo desaconselhado seu uso para o cultivo comercial do mirtilo. Vários produtores observaram que essa espécie pode ser cultivada, sem problemas aparentes, em solo com pH próximo a 6,0, desde que o mesmo seja rico em matéria orgânica (Freire, 2006).

## 2.2 PROPAGAÇÃO DO MIRTILEIRO

A propagação desta espécie pode se dar através de sementes (propagação sexuada ou através de enxertia ou estaquia (propagação assexuada). Dos meios disponíveis para se propagar mirtilo, a estaquia é a mais utilizada (Antunes et al., 2006).

A obtenção de mudas de mirtilo pode ser realizada por sementes, rebentos e estacas. A propagação por sementes é útil no desenvolvimento de novas variedades, mas caracteriza-se por produzir plantas diferenciadas da planta- matriz em muitas características; o uso de rebentos permite a obtenção de plantas grandes em pequeno número e em tempo relativamente curto. A enxertia e a mergulhia podem ser usadas com propósitos especiais (Fachinello, 2008).

Para as cultivares do grupo rabbiteye, os melhores resultados são obtidos com estacas herbáceas por serem retiradas da planta em estado mais tenro (herbáceo), o ambiente de enraizamento tem que possuir controle de temperatura e, principalmente, da umidade relativa. Assim, a estrutura normalmente utilizada é a casa de vegetação com sistema de nebulização intermitente. As estacas herbáceas tem maior percentagem de enraizamento quando são preparadas na primavera. As plantas matrizes devem apresentar bom estado fitossanitário e nutricional para obter sucesso da propagação, uma vez que plantas com deficiência mineral produzem material vegetal de má qualidade. (Antunes et al., 2006).

O sistema radicular do mirtileiro é superficial e caracterizado por ter raízes primárias muito finas, fibrosas e sem pelos radiculares. O substrato é um fator de grande importância na propagação do mirtileiro (Williamson & Miller, 2009).

## 2.3 RIZOGÊNESE EM ESTACAS

O processo de formação de raízes em estacas é influenciado por um grande número de fatores que podem atuar isoladamente ou em conjunto. Dentre esses destacam-se: as condições fisiológicas da planta matriz (presença de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas, compostos fenólicos e outras substâncias não identificadas), o período e posição de coleta de estacas, juvenilidade, estiolamento, presença de folhas e gemas, idade da planta matriz e fatores do ambiente como disponibilidade de água, luminosidade, substrato e temperatura do substrato. A presença de folhas é muito importante, pois além do processo de fotossíntese e a produção de carboidratos, as mesmas constituem-se em fonte de auxina. Combinando-se uma ou mais técnicas auxiliares, como a nebulização intermitente e a aplicação de reguladores vegetais, entre outros, os resultados poderão ser mais satisfatórios. (Hartmann et al., 2002; Fachinello et al., 2005; Antunes et al., 2006).

O percentual de enraizamento, também, pode diversificar com o tipo de estaca utilizada, visto que este potencial varia entre as diferentes porções de um mesmo ramo. Ramos lenhosos, coletados no inverno, em geral, apresentam maior enraizamento na porção basal, enquanto que ramos coletados, em outras épocas, portanto, semi-lenhosos e herbáceos possuem maior potencial de enraizamento em sua porção apical (Fachinello et al., 1995; Hartmann et al., 2002).

A temperatura tem função reguladora do metabolismo das estacas e é muito importante na propagação vegetativa, pois induz e controla a formação de raízes adventícias (Gomes et al., 1996). É de grande relevância que a temperatura no leito de enraizamento seja adequada, para fornecer condições de formação, desenvolvimento e crescimento das raízes. Também para a sobrevivência das folhas, gemas e estacas e a variação de temperatura quando possível deve ser evitada, pois é prejudicial para a sobrevivência e enraizamento das estacas (Bertoloti & Gonçalves, 1980). Sendo a oscilação da temperatura prejudicial para a formação de raízes, necessita-se de um sistema de aquecimento do substrato, para mantê-lo estabilizado por meio de aquecedores. Os sistemas mais comuns são os que utilizam passagem de água quente por tubos colocados sob o substrato, mantendo o intervalo de temperatura mediante um termostato. A temperatura do substrato ou da base da estaca deve ser em torno de 20 °C a 27 °C, pois propicia maior atividade na base da estaca, reduzindo a transpiração e a perda de água pela parte aérea (Wendling, 1997; Oliveira & Rincón, 2002). Atualmente, a multiplicação da oliveira é realizada através de estacas semilenhosas, dotadas de quatro folhas e enraizadas sob nebulização intermitente e com mecanismos que permitem o aquecimento do substrato (Caballero & Del Rio, 2006).

O tratamento de estacas com auxinas tem como objetivos: aumentar a porcentagem de estacas

que formam raízes, ou acelerar sua formação ou, ainda, aumentar o número e a qualidade das raízes formadas em cada estaca. O equilíbrio entre os diversos hormônios tem forte influência na emissão de raízes em estacas. Uma das formas mais comuns de favorecer o balanço hormonal, para o enraizamento, é a aplicação exógena de reguladores vegetais, principalmente as auxinas, tais como ácido indolbutírico (AIB), que eleva o teor de auxinas no tecido. O AIB é uma auxina altamente efetiva no estímulo ao enraizamento, o que se deve à sua menor mobilidade, menor fotossensibilidade e maior estabilidade química na planta (Pasqual et al., 2001; Hartmann et al., 2002; Goulard, 2003).

Tratar as estacas com fitoreguladores como o (AIB), além de estimular a iniciação radicial, promove o aumento da porcentagem de estacas enraizadas, acelera o tempo de formação das raízes e, conseqüentemente, diminui a permanência das estacas no leito de enraizamento (Alvarenga & Carvalho, 1983). O AIB além de possuir ação na formação de raízes adventícias, pode aumentar o número e a qualidade das raízes produzidas. A quantidade adequada do regulador de crescimento depende da espécie e da concentração de auxina existente no tecido (Fachinello et al., 1995).

A aplicação dos fitoreguladores pode ser realizada na forma de talco, muito utilizada por ser de fácil manuseio e na maioria dos casos gerar bons resultados. Mas o talco pode ser lixiviado com o tempo, e por não se ter uma homogênea aplicação, acarreta em enraizamento não-uniforme em todo o diâmetro da estaca (Fortes, 1998). A utilização de soluções concentradas possibilita uma aplicação homogênea nas estacas e, conseqüentemente, um enraizamento uniforme. Mas, nesse caso, a resposta à aplicação exógena de auxinas depende não só da concentração como também da duração do tratamento (Ono & Rodrigues, 1996). Solução diluída é aquela cuja concentração do regulador de crescimento varia entre 20 e 200 mg.L<sup>-1</sup> e solução concentrada é aquela em que a concentração do regulador de crescimento varia entre 200 e 10000 mg.L<sup>-1</sup> (Fachinello et al., 2005).

Adaptado de Fachinello et al. (2005) a estaquia é o processo de propagação vegetativa no qual ocorre a indução ao enraizamento adventício em um órgão ou segmentos destacados previamente da planta matriz, que, submetidos a condições favoráveis, originam uma nova planta.

Segundo Hartmann et al. (2002) a estaquia pode ser empregada para a fixação de genótipos selecionados; formar populações uniformes; perpetuar qualidades de plantas híbridas; obtenção de plantas mais precoces e menos vigorosas; facilidade de propagação; propagação de espécies pouco férteis.

Baseado em Fachinello et al. (2005), as vantagens da estaquia são: genótipo inalterado (salvo mutação da gema); permite que se obtenha grande quantidade de mudas a partir de uma única planta matriz, em curto espaço de tempo; técnica de fácil execução se comparada com outros métodos de propagação vegetativa; precocidade na floração, perda de espinhos, menor porte e vigor. E as

desvantagens são: pode originar plantas menos vigorosas e menos longevas ; perda na variabilidade genética; em alguns casos gasto com reguladores de crescimento e nebulização.

Estacas Herbáceas são obtidas de ramos com consistência herbácea, tenros e em pleno crescimento. Precisam de nebulização intermitente para permanecerem túrgidas. Tecidos pouco lignificados. Muitas plantas precisam ser propagadas a partir de estacas herbáceas, as estacas devem ser retiradas no período de crescimento vegetativo que ocorre na primavera e verão, época em que os tecidos estão flexíveis e em pleno desenvolvimento, normalmente são estacas do ápice dos ramos (Zanette, 2005).

Algumas plantas enraízam melhor quando são usadas estacas semi-lenhosas. As estacas são retiradas quando as partes mais novas da planta já amadureceram parcialmente no fim do verão. Como exemplo de espécies que podem ser propagadas com estacas semi-lenhosas citam-se o vime, o mirtilo, a oliveira e os citros. Por apresentarem tecidos mais lignificados, possuem maior possibilidade de sobrevivência, mas ainda são susceptíveis à falta de água sobretudo por ainda possuírem folhas. Neste caso também podem ser usados reguladores de crescimento (Zanette, 2005).

Estacas Lenhosas, também chamadas de estaquia de inverno. São retiradas as estacas de ramos em repouso, sem folhas. São menos exigentes em cuidados, principalmente quanto a irrigação. Como tem bastante reserva acumulada nesses ramos a estaca terá um longo período para aproveitá-la e iniciar o seu enraizamento. Como exemplo de espécies que podem ser propagadas com estacas lenhosas cita-se a pereira, a figueira, o kiwi e a videira. Podem ser usados ramos de um ano, eliminados na poda de inverno, impactando a baixa do custo. (Zanette, 2005).

O mirtileiro, quando propagado por estacas, sejam lenhosas ou herbáceas, possibilita obter-se, dependendo da cultivar, enraizamento na ordem de 60% a 80%. Na Europa, são usados os dois métodos de propagação, enquanto nos Estados Unidos, prefere-se utilizar estacas para o mirtileiro gigante (highbush) e herbáceas para rabbiteye. Com relação a estacas lenhosas o diâmetro recomendado é de 6 a 7 mm, sendo que aquelas com diâmetro menor enraízam mais facilmente, entretanto têm crescimento vegetativo mais lento (Bounous et al., 2003).

Segundo Fachinello et al. (2005), as raízes adventícias em estacas podem se originar a partir da epiderme, do periciclo, feixes vasculares, parênquima do floema, câmbio vascular; córtex; e calo.

Plantas de difícil enraizamento são caracterizadas por apresentar alto grau de esclerificação (Hartmann et al., 2002). A diferença entre variedades de fácil ou difícil enraizamento pode estar inversamente relacionada com a continuidade da camada de esclerênquima (Ono & Rodrigues 1996). Segundo Beakbane (1961), citado por Ferriani et al.(2008), a capacidade de formação de raízes em estacas caulinares de frutíferas parece estar relacionada com a estrutura anatômica do floema primário.



Em espécies de difícil enraizamento, geralmente as raízes adventícias se originam do tecido cicatricial formado após o corte (Hartmann et al., 2002), por divisões de células do câmbio, parênquima ou qualquer célula sem parede secundária formada.

Quanto mais juvenil o material de coleta, mais rápida é a formação das raízes, melhor é a qualidade do sistema radicial formado e menor a probabilidade de barreiras anatômicas (Hartmann et al., 2002).

Segundo Hartmann et al. (2002), algumas mudanças anatômicas ocorrem durante a formação de raízes adventícias em estacas que sofreram ferimento e podem ser divididas em quatro estágios: desdiferenciação de células diferenciadas específicas; formação de raízes iniciais a partir de certas células próximas aos tecidos vasculares ou dos feixes vasculares, as quais tornam-se meristemáticas pela desdiferenciação; desenvolvimento de raízes iniciais em primórdios radiciais organizados e crescimento e emergência dos primórdios radiciais, através do córtex e epiderme da estaca, das raízes adventícias, acompanhado da sua conexão com o sistema vascular da estaca.

Tem sido observado, que ao menos para algumas espécies de difícil enraizamento, a formação de raízes se dá sobre o calo, ainda que a formação de calo não seja um prenúncio seguro da formação de raízes adventícias. Não há uma relação direta entre formação de calo e enraizamento. (Fachinello et al., 2005).

Baseado em Hartmann et al. (2002), as etapas do enraizamento são: Fase I - Indução: Com a injúria dos tecidos devido ao corte, ocorre o acúmulo de difenóis, auxinas e carboidratos solúveis oriundos das folhas na base da estaca. Os difenóis vão diminuir a síntese de Ácido Indol Acético Oxidase (AIA-Ox) influenciando na baixa atividade da AIA-Ox, enzima que destrói as auxinas. Os carboidratos solúveis e o aumento da concentração de auxinas endógenas irão induzir a formação de um tecido de cicatrização. pela retomada da atividade mitótica denominado de calo cicatricial por onde as raízes adventícias podem ser iniciadas pela divisão de células próximas ao câmbio vascular e floema. Esta fase será promovida por algumas substâncias nitrogenadas e inibida por etileno; Fase II – Iniciação Primária: Após a desdiferenciação de células diferenciadas específicas, ocorre uma intensa divisão celular pela retomada da atividade mitótica formando um tecido de cicatrização denominado de calo cicatricial, este tecido é formado por uma massa de células parenquimatosas desdiferenciadas. Esta fase é promovida por elevadas concentrações de Ácido abscísico (ABA) e inibida por altas concentrações de giberelinas ou citocininas; Fase III – Iniciação Tardia: Nesta fase ocorre a formação de raízes iniciais a partir de certas células próximas aos tecidos vasculares ou dos feixes vasculares, as quais tornam-se meristemáticas pela desdiferenciação. Em seguida ocorre o desenvolvimento de raízes iniciais em primórdios radiciais organizados. Difenóis + Borato irão formar um Complexo IAA/Co-fator. Com o aumento da AIA-Ox, ocorre a diminuição na concentração de auxinas. Esta fase é

promovida por fornecimento de etileno e inibida por falta de Borato ou elevadas concentrações de auxina; Fase IV – Crescimento e Diferenciação: Nesta fase ocorre o crescimento e emergência dos primórdios radiciais, através do córtex e epiderme da estaca, das raízes adventícias, acompanhado da sua conexão com o sistema vascular da estaca.

Co-fatores do enraizamento são considerados substâncias endógenas, capazes de atuar sinergicamente com as auxinas no enraizamento de estacas, atuando como promotores ou inibidores desse processo (Hartmann et al., 2002)

Na rizogênese, as auxinas se movem dos locais de síntese até as partes inferiores da planta, onde se acumulam junto a açúcares e outras substâncias. A formação de raízes adventícias depende destas concentrações. As substâncias de reserva são transportadas para a base das estacas para formar as raízes e para o ápice, formando os brotos. Elas são encontradas em concentrações variadas em cada parte do ramo e nas quatro estações do ano (Hartmann et al., 2002).

Segundo Hartmann et al. (2002), o potencial genético de enraizamento se apresenta como: Plantas cujas estacas enraízam facilmente - aquelas nas quais os tecidos têm todas as substâncias endógenas, inclusive as auxinas, essenciais à iniciação radicial. Plantas cujas estacas enraízam com a aplicação de auxinas exógenas - aquelas em que os co-fatores estão presentes em amplas concentrações, sendo a auxina limitante. Plantas que não respondem ou respondem muito pouco à aplicação de auxinas - aquelas em que falta a atividade de um ou mais cofatores, embora apresente ou não, níveis altos de auxina endógena.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram realizados na Embrapa Transferência de Tecnologia, Escritório de Negócios de Canoinhas/SC, no laboratório e na casa de vegetação não climatizada, com o auxílio de sistema automático de irrigação por nebulização intermitente (temporizador) em quatro épocas de coleta das estacas: outono (15/04/2008); inverno (15/07/2008); primavera (15/10/2008) e verão (15/01/2009), (Figura 1).



Figura 1. Aspecto geral da instalação do experimento em casa-de-vegetação com o auxílio de sistema automático de irrigação por nebulização intermitente.

O material vegetal foi obtido de plantas matrizes da Embrapa Transferência de Tecnologia (Escritório de Negócios de Canoinhas/SC, localizado a uma latitude 26° 11' 24" Sul e uma longitude 50° 21' 36" Oeste, estando a altitude de 807 metros) oriundo da coleção de cultivares de mirtilo (Bluebelle, Bluegem e Powderblue), pertencente à Embrapa Clima Temperado em Pelotas, RS (Figura 2).

As estacas semilenhosas foram coletadas nas diferentes épocas do ano. No terço superior dos ramos realizou-se a segmentação das estacas com 15 cm de comprimento e com diâmetro aproximado de 6 mm, mantendo-se 2 folhas cortadas ao meio no terço superior da estaca. Após o preparo As estacas foram desinfestadas por imersão numa solução de hipoclorito de sódio a 0,5 % por 10 minutos

com posterior lavagem em água corrente por 5 minutos. Em seguida, lesionou-se a base das estacas (2 cm) para exposição do câmbio à solução de



Figura 2. Matrizes de Mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade), grupo rabbiteye, Bluegem (a); cv. Bluebelle (b) e cv. Powderblue (c).

ácido indolbutírico (AIB), por 10 segundos, nas concentrações de 0 (testemunha), 250, 500, 1000 e 2000 mgL<sup>-1</sup>. O AIB foi diluído em etanol 50%. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 4x5x2 (estações x concentrações de AIB x com e sem aquecimento do substrato), com 4 repetições e as unidades experimentais foram formadas por 20 estacas. Os dados foram analisados separadamente de acordo com cada cultivar. .

As estacas foram mantidas em substrato acondicionadas em bandejas metálicas com 177 cm de comprimento, 78 cm de largura e 5,5 cm de profundidade, com 125 pequenos furos na base para drenagem do excesso de água. Para o aquecimento do substrato foram colocadas canos de cobre em



forma de serpentina que recebiam água aquecida por resistências (Figura 3). O substrato utilizado foi uma mistura volumétrica de areia média e substrato comercial Plantmax HF (9:1).

Para o controle da temperatura do substrato utilizou-se um termostato de 0 a 50 °C, com variação de 1,5 °C e um contactor de 10 ampéres para acionar as resistências. Todo o sistema sofreu aterramento a uma barra de cobre. Um termostato com sensor acionava as resistências quando a temperatura do substrato era inferior a 24 °C até retomar de novo nesta temperatura (Figura 3).

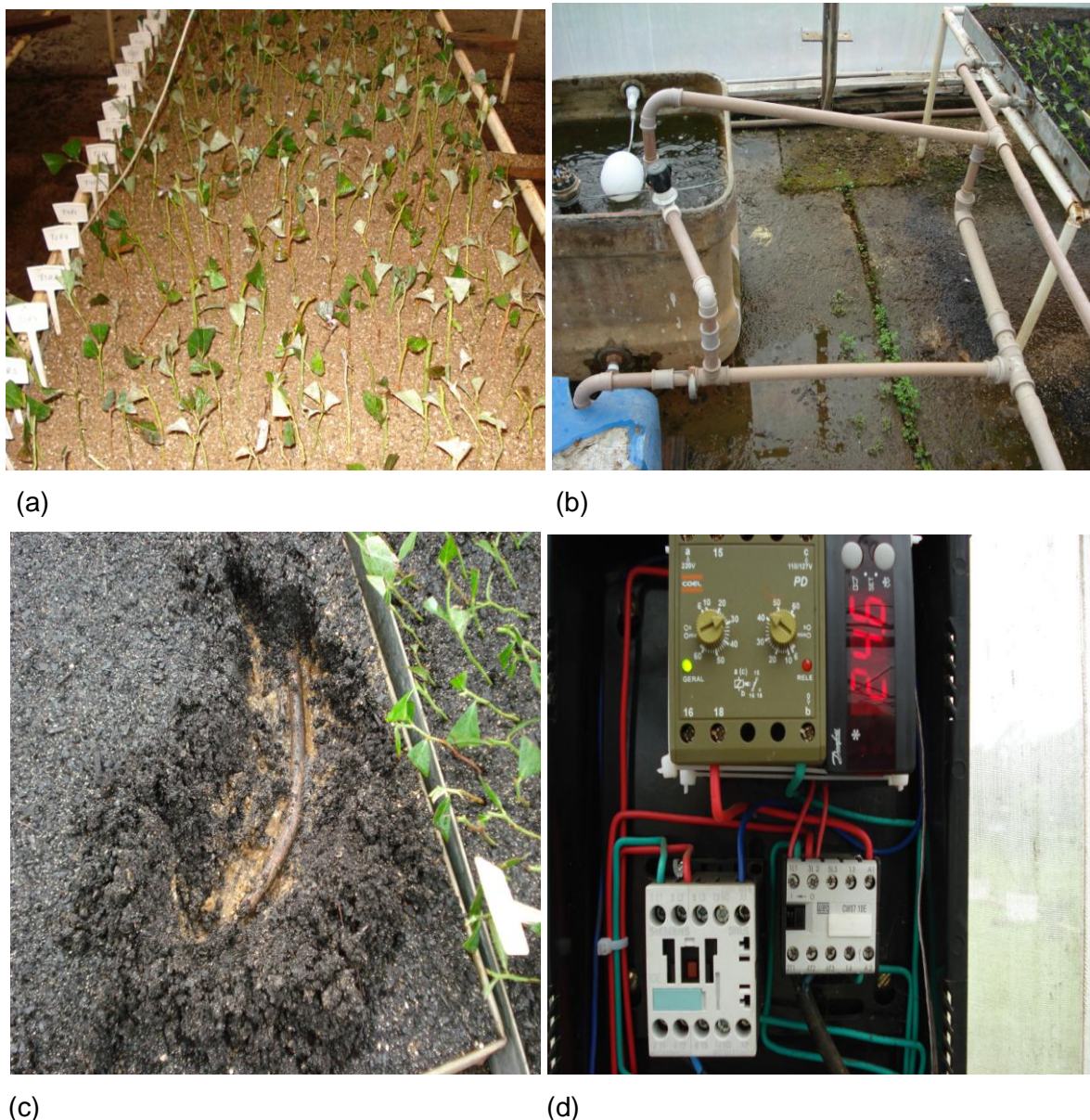


Figura 3. Aspectos das instalações do experimento: Estacas em bandejas metálicas com substrato (a); sistema de aquecimento do substrato (b); detalhe da serpentina de cobre para o aquecimento do substrato(c); Quadro regulador da irrigação intermitente (temporizador) e aquecimento do substrato (termostato).

A avaliação foi realizada sempre 90 dias após a instalação de cada época de estaquia.

As variáveis avaliadas foram: percentagem de estacas enraizadas (estacas que se apresentaram vivas e com indução de primórdios radiciais com no mínimo 1mm de comprimento, com ou sem calos); percentagem de estacas vivas (estacas que se apresentaram vivas, sem indução do primórdio radicular e sem formação de calos); percentagem de estacas com calo (estacas que se apresentaram vivas e com formação apenas de calo); percentagem de estacas mortas; número de raízes por estaca (número total de raízes primárias por estaca enraizada) e comprimento médio das raízes (média do comprimento das três maiores raízes por estaca enraizada em cm).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o Sisvar (Ferreira, 2000).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PERCENTAGEM DE ESTACAS ENRAIZADAS, VIVAS, MORTAS E COM CALO

Nas três cultivares avaliadas, não houve interação tripla significativa para as variáveis analisadas. No entanto, houve interação dupla entre épocas de coleta e aquecimento do substrato, com exceção da percentagem de estacas enraizadas e de estacas com calo da cultivar Bluegem (Tabela 1).

**Tabela 1.** Percentagem de estacas enraizadas, mortas, vivas e com calo das cultivares de mirtilheiro Bluegem, Bluebelle e Powderblue, tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico em substrato com (CA) e sem (SA) aquecimento, nas quatro estações do ano<sup>(1)</sup>.

| Estação                | Bluegem |        |         | Bluebelle |         | Powderblue |          |
|------------------------|---------|--------|---------|-----------|---------|------------|----------|
|                        | CA      | Média  | SA      | CA        | SA      | CA         | SA       |
| Estacas enraizadas (%) |         |        |         |           |         |            |          |
| Outono                 | -       | 27,4 c | -       | 23,5 Aab  | 14,0 Ba | 49,7 Ab    | 25,7 Bc  |
| Inverno                |         | 16,1 d |         | 20,2 Ac   | 13,2 Ba | 24,7 Ac    | 13,2 Bd  |
| Primavera              |         | 47,5 b |         | 30,0 Aa   | 16,7 Ba | 49,2 Ab    | 46,7 Ab  |
| Verão                  |         | 57,1 a |         | 22,5 Ab   | 16,2 Ba | 63,0 Aa    | 59,2 Aa  |
| CV (%)                 |         | 26,66  |         | 42,90     |         | 28,58      |          |
| Estacas mortas (%)     |         |        |         |           |         |            |          |
| Outono                 | 31,5 Ab | -      | 26,5 Bb | 20,5 Ac   | 13,5 Bc | 4,7 Bc     | 13,7 Ab  |
| Inverno                | 55,0 Ba | -      | 67,5 Aa | 59,8 Aa   | 55,0 Aa | 43,0 Ba    | 59,5 Aa  |
| Primavera              | 21,7 Ac | -      | 23,5 Ab | 35,5 Bb   | 42,2 Ab | 11,0 Ab    | 12,5 Ab  |
| Verão                  | 6,5 Ad  | -      | 9,8 Ac  | 38,5 Ab   | 41,0 Ab | 4,2 Ac     | 5,7 Ac   |
| CV (%)                 |         | 25,96  |         | 20,89     |         | 36,84      |          |
| Estacas vivas (%)      |         |        |         |           |         |            |          |
| Outono                 | 30,5 Ba | -      | 42,5 Aa | 49,0 Ba   | 66,5 Aa | 30,7 Ba    | 46,0 Aa  |
| Inverno                | 14,0 Bb | -      | 21,0 Ac | 24,0 Ab   | 21,0 Ac | 18,5 Bb    | 24,0 Ab  |
| Primavera              | 17,8 Ab | -      | 16,0 Ad | 27,5 Ab   | 25,0 Ab | 33,2 Aa    | 35,0 Aa  |
| Verão                  | 29,0 Aa | -      | 30,7 Ab | 29,5 Ab   | 34,5 Ab | 29,0 Aa    | 29,2 Aab |
| CV (%)                 |         | 29,72  |         | 25,44     |         | 24,29      |          |
| Estacas com calo (%)   |         |        |         |           |         |            |          |
| Outono                 | -       | 7,1 b  | -       | 7,0 Aa    | 6,0 Abc | 14,7 Aa    | 14,5 Aa  |
| Inverno                | -       | 5,1 b  | -       | 3,0 Ab    | 3,7 Ac  | 13,7 Aa    | 3,0 Bb   |
| Primavera              | -       | 13,0 a | -       | 7,0 Ba    | 16,0 Aa | 6,5 Ab     | 6,7 Ab   |
| Verão                  | -       | 4,9 b  | -       | 9,2 Aa    | 8,2 Ab  | 3,7 Ab     | 5,7 Ab   |
| CV (%)                 |         | 63,78  |         | 60,23     |         | 66,72      |          |

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste deTukey a 5% de probabilidade.

Para a cultivar Bluegem as estacas coletadas no verão apresentaram maior percentagem de enraizamento (57,1%) e as estacas coletadas na primavera resultaram em maior formação de calo (13,0%) (Tabelas 1 e 2), (Figura 4).

Tabela 2. Percentagem de estacas enraizadas, e com calo de mirtilo cv. Bluegem tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico em substrato com e sem aquecimento, nas quatro estações do ano<sup>(1)</sup>.

| Época     | Estacas enraizadas (%) | Estacas com calo (%) |
|-----------|------------------------|----------------------|
| Outono    | 27,4c                  | 7,1b                 |
| Inverno   | 16,1d                  | 5,1b                 |
| Primavera | 47,5b                  | 13,0a                |
| Verão     | 57,1a                  | 4,9b                 |
| CV (%)    | 26,66                  | 63,78                |

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.



(a)



(b)



(c)

Figura 4. Aspecto das estacas enraizadas de Mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade), grupo rabbiteye, coletadas no verão : cv. Powderblue (a); cv. Bluegem (b) e cv. Bluebelle (c).

Na cultivar Powderblue a percentagem de enraizamento também foi superior no verão, nas estacas em substrato aquecido ou não. Em relação à 'Bluebelle', as estacas coletadas na



primavera apresentaram maior enraizamento (30%) com o aquecimento do substrato, tendo-se observado diferença entre as coletadas no inverno e no verão; porém, sem o aquecimento, não houve diferença entre as épocas de coleta. (Tabela 1 e 3), (Figura 5). Diferentemente do verificado no presente trabalho, Fischer et al. (2008b), em Pelotas, RS, obtiveram 67,5% de enraizamento com estaquia lenhosa sem utilização de auxina e sem aquecimento do substrato.

Tabela 3. Porcentagem de estacas enraizadas de mirtilo cvs.Bluebelle e Powderblue tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico em substrato com (CA) e sem (SA) aquecimento, nas quatro épocas do ano<sup>(1)</sup>.

| Épocas    | Estacas enraizadas (%) |         |            |         |
|-----------|------------------------|---------|------------|---------|
|           | Bluebelle              |         | Powderblue |         |
|           | CA                     | SA      | CA         | SA      |
| Outono    | 23,5Aab                | 14,0Ba  | 49,7Ab     | 25,7Bc  |
| Inverno   | 20,2Ac                 | 13,2 Ba | 24,7Ac     | 13,2 Bd |
| Primavera | 30,0Aa                 | 16,7 Ba | 49,2Ab     | 46,7 Ab |
| Verão     | 22,5Ab                 | 16,2 Ba | 63,0Aa     | 59,2 Aa |
| CV (%)    | 42,90                  |         | 28,58      |         |

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste deTukey a 5% de probabilidade

Em outro estudo com as cultivares Powderblue e Climax, também foram encontrados maiores percentuais de enraizamento para estacas coletadas em novembro e março, em comparação às coletadas em agosto (Hoffmann et al., 1995). Entretanto, esse comportamento pode variar entre as espécies do gênero *Vaccinium*. Martinussen et al. (2006), ao avaliar o enraizamento de estacas apicais de lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.), observaram que as estacas enraizaram melhor no outono e no inverno.

O enraizamento de estacas semilenhosas de espécies caducifólias é maior quando as folhas estão totalmente expandidas e os ramos alcançaram certo grau de maturação. No final da primavera e no início do verão, o crescimento vegetativo das plantas é intenso e os ramos apresentam elevada atividade cambial e grande quantidade de folhas jovens, que são sítios produtores de auxinas, carboidratos e cofatores do enraizamento (Hartmann et al., 2002). Dessa forma, a presença das folhas nas estacas, nestas épocas, também deve ter sido um dos fatores responsáveis pelo maior enraizamento, conforme relatado para outras espécies, como videira (Bordin et al., 2005), maracujazeiro (Lima et al., 2007) e louro (Fochesato et al., 2006).

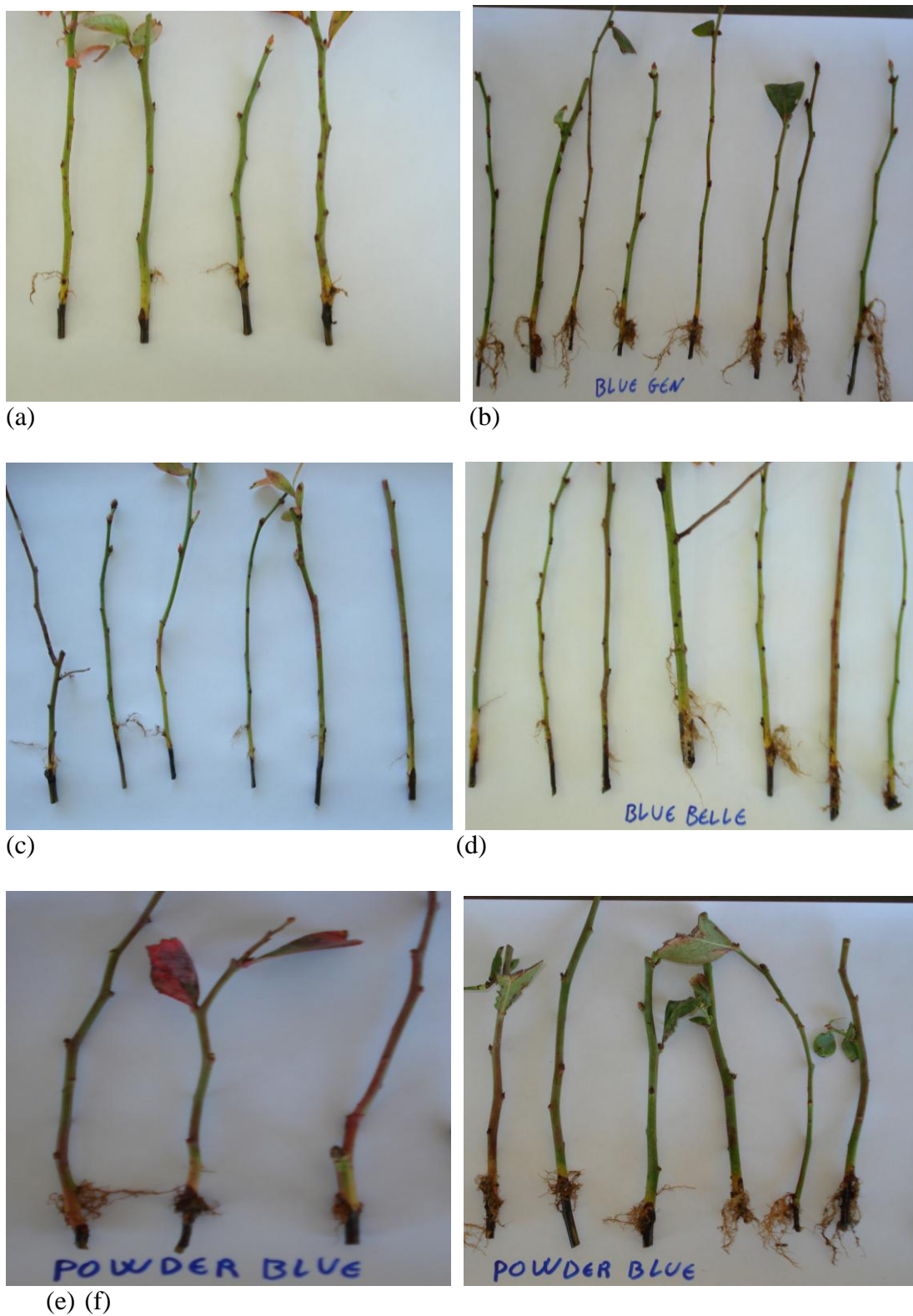


Figura 5. Aspecto das estacas enraizadas em substrato com aquecimento (CA) e sem aquecimento (SA) de Mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade), grupo rabbiteye, coletadas no inverno: cv. Bluegem SA (a) e CA (b); cv. Bluebelle SA (c) e CA (d); cv. Powderblue SA (e) e CA (f).

Piller et al. (2002), ao estudar as cultivares de mirtilo Spartan e Berkeley, concluíram que a umidade e a radiação são os principais fatores que determinam a fotossíntese e a taxa de crescimento dos brotos e, conseqüentemente, a água e a reserva de carbono nas estacas e que a redução das reservas está associada ao baixo enraizamento. Trevisan et al. (2008) atribuíram o baixo enraizamento obtido na estaquia de mirtilo à ocorrência de um período com baixa precipitação pluvial anterior à coleta das estacas.

Os piores resultados de enraizamento, normalmente obtidos no outono e no inverno, possivelmente ocorreram porque, no outono, as plantas se preparam para a entrada em dormência, com baixa atividade nos tecidos jovens do floema secundário, dos raios vasculares e do câmbio, e com maior acúmulo de fenóis e inibidores (Hoffmann et al., 1995). No período do inverno, as plantas já se encontram em dormência, com baixa atividade fisiológica, e apresentam maior lignificação dos ramos. O maior grau de lignificação pode estar correlacionado, negativamente, à auxina, pois enzimas, como as peroxidases, participam tanto da síntese de lignina, como da degradação de auxina (Passardi et al., 2005).

O aquecimento do substrato elevou significativamente o enraizamento da cultivar Powderblue apenas no outono e no inverno (Tabela 1), e o das cultivares Bluegem e Bluebelle nas quatro estações do ano (Tabelas 1 e 4). O efeito positivo do aquecimento do substrato observado na 'Bluebelle', mesmo nas estações mais quentes do ano, provavelmente ocorreu por esta ser uma cultivar com maior dificuldade de enraizamento de estacas semilenhosas (Fischer et al., 2008a), em que a falta de algum componente promotor ou a presença de inibidores do enraizamento foi compensada pelo equilíbrio da temperatura do substrato.

Tabela 4. Percentagem de estacas enraizadas e com calo de mirtilo cv. Bluegem, tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico, nas quatro estações do ano, sob efeito do aquecimento do substrato<sup>(1)</sup>.

| Aquecimento | Estacas enraizadas (%) | Estacas com calo (%) |
|-------------|------------------------|----------------------|
| Sem         | 34,3b                  | 8,1a                 |
| Com         | 39,7a                  | 6,9a                 |
| CV (%)      | 26,66                  | 63,78                |

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todas as cultivares apresentaram maior percentagem de estacas mortas no inverno, com valores acima de 43%, o que mostra que esta época é menos favorável para a estaquia do mirtilo. O aquecimento do substrato reduziu significativamente a mortalidade das estacas

da cultivar Bluegem no inverno, da Bluebelle na primavera e da Powderblue no outono e no inverno, tendo acompanhado, de forma inversa, o aumento do enraizamento verificado nos mesmos tratamentos.

Muitas estacas ainda estavam vivas, mas sem raízes, no momento da avaliação, o que indica que o ambiente da estaquia apresenta condições adequadas para a manutenção prolongada das estacas e que estas ainda tinham reservas suficientes para sua sobrevivência. Contudo, não há como garantir que as estacas vivas iriam enraizar, pois já estavam 90 dias no leito de enraizamento. Portanto, com mais de 29% de estacas vivas das cultivares Bluegem e Bluebelle, no outono, e da Powderblue, no verão, na primavera e no outono, recomenda-se que, nestes casos, a estaquia seja avaliada mais tardiamente.

O aquecimento não aumentou a percentagem de estacas vivas em nenhuma época ou cultivar, mas as reduziu no outono e no inverno, em decorrência do aumento da percentagem de estacas enraizadas.

A percentagem de estacas com calo não aumentou, e os maiores valores foram inferiores a 16% nas cultivares Bluebelle e Bluegem, na primavera, e na Powderblue no outono. O aquecimento do substrato teve efeito apenas no inverno, para a cultivar Powderblue.

A lesão realizada na base das estacas pode ter favorecido a formação do calo cicatricial, pela retomada da atividade mitótica. A divisão celular é estimulada pelo aumento na taxa respiratória e nos teores de auxina, carboidratos e etileno nessa área lesionada. As raízes adventícias podem ser iniciadas pela divisão de células próximas ao câmbio vascular e ao floema (Hartmann et al., 2002). Como na primavera as plantas estavam em intensa atividade de crescimento, isso pode ter favorecido a maior formação de calos nas cultivares Bluebelle e Bluegem. Entretanto, a lesão na base das estacas não apresentou efeito significativo no enraizamento de estacas de mirtilo em outros trabalhos (Wagner Júnior et al., 2004; Trevisan et al., 2008).

Todas as cultivares avaliadas responderam à aplicação de AIB. O aumento da concentração de AIB foi acompanhado do aumento da percentagem de enraizamento até a maior concentração testada, que foi de 2.000 mg L<sup>-1</sup>. Esta concentração também foi indicada para a microestaquia da porção apical de ramos da cultivar Climax (Schuch et al., 2007). O efeito positivo da aplicação de AIB também foi observado por Fischer et al. (2008b), na cultivar Powderblue, e a concentração de 1.000 mg L<sup>-1</sup> foi a mais favorável. O efeito benéfico da aplicação de AIB no enraizamento de estacas de mirtilo também foi verificado para a cultivar Delite na estaquia de inverno (Fischer et al., 2008b). O fato de não ter ocorrido redução no enraizamento com o aumento das concentrações de AIB a partir de

500 mg L<sup>-1</sup> no presente trabalho, é um indicativo de que maiores percentagens de enraizamento podem ser obtidas com maiores concentrações de AIB.

As cultivares Bluegem e Powderblue atingiram, em média, mais de 40% de enraizamento, enquanto a cultivar Bluebelle atingiu apenas 22%. Fischer et al. (2008b) não obtiveram resposta desta cultivar à aplicação de AIB na estaquia lenhosa durante o inverno em Pelotas, RS. Contudo, na estaquia semilenhosa realizada durante o verão, esta cultivar apresentou resposta à aplicação de AIB, cuja melhor concentração foi a de 1.000 mg L<sup>-1</sup> (Fischer et al., 2008a).

O aumento da concentração de AIB também causou redução da percentagem de estacas mortas, para as três cultivares testadas, e redução da percentagem de estacas apenas com calo nas cultivares Bluegem e Bluebelle (Tabela 5). A percentagem de estacas vivas sem raízes não diferiu significativamente para todas as cultivares, tendo variado entre 23 e 35%.

Tabela 5. Percentagem de estacas enraizadas, vivas, mortas e com calo de mirtilo cvs. Bluegem e Powderblue em substrato com e sem aquecimento, em quatro épocas do ano, sob efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico <sup>(1)</sup>.

| AIB<br>(mg.L <sup>-1</sup> ) | Estacas<br>enraizadas (%) | Estacas vivas (%)  | Estacas mortas<br>(%) | Estacas com calo (%) |
|------------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| 'Bluegen'                    |                           |                    |                       |                      |
| 0                            | 34,06 b                   | 26,4 <sup>ns</sup> | 29,8 ab               | 9,69 a               |
| 250                          | 32,97 b                   | 24,8               | 34,1 a                | 8,28 ab              |
| 500                          | 35,94 b                   | 23,9               | 32,6 a                | 7,50 ab              |
| 1000                         | 37,97 ab                  | 25,3               | 30,1 a                | 6,41 ab              |
| 2000                         | 44,22 a                   | 25,5               | 24,5 b                | 5,78 b               |
| CV (%)                       | 26,66                     | 29,72              | 25,96                 | 63,78                |
| 'Powderblue'                 |                           |                    |                       |                      |
| 0                            | 36,72 c                   | 31,2 <sup>ns</sup> | 23,9 a                | 3,75 ab              |
| 250                          | 36,41 c                   | 31,8               | 21,2 ab               | 8,75 a               |
| 500                          | 39,69 bc                  | 32,0               | 19,4 abc              | 7,50 ab              |
| 1000                         | 45,31 ab                  | 29,8               | 16,6 bc               | 3,75 ab              |
| 2000                         | 49,22 a                   | 28,6               | 15,6 c                | 0,00 b               |
| CV (%)                       | 28,58                     | 24,29              | 36,84                 | 66,72                |

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste deTukey a 5% de probabilidade.

Para a cv. Bluebelle não houve efeito significativo do uso de AIB para a percentagem de estacas enraizadas, estacas vivas e mortas. Fischer et al. (2008) obtiveram 95% de enraizamento para a cv. Delite com a concentração de 2000 mg.L<sup>-1</sup> de AIB e 7,5% para a cv. Bluebelle, sendo que para esta cultivar o melhor resultado foi obtido com 1000 mg.L<sup>-1</sup> de AIB (37,5%). Já para a percentagem de estacas com calo houve interação dupla entre os fatores estudados, sendo que o efeito do AIB dentro de cada época em substrato com ou sem aquecimento encontra-se na tabela 6.

Tabela 6. Porcentagem de estacas com calo de mirtilo cv. Bluebelle em substrato com (CA) e sem (SA) aquecimento, em quatro épocas do ano, sob efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico<sup>(1)</sup>.

| AIB<br>(mg.L <sup>-1</sup> ) | Outono  |         | Inverno |        | Primavera |        | Verão   |         |
|------------------------------|---------|---------|---------|--------|-----------|--------|---------|---------|
|                              | CA      | SA      | CA      | SA     | CA        | SA     | CA      | SA      |
| 0                            | 3,75 a  | 5,00 ab | 3,75 a  | 3,75 a | 7,50 b    | 6,25 a | 6,25 a  | 11,25 a |
| 250                          | 3,75 a  | 13,75 a | 3,75 a  | 2,50 a | 16,25 ab  | 7,50 a | 12,50 a | 10,00 a |
| 500                          | 12,50 a | 7,50 ab | 5,00 a  | 1,25 a | 16,25 ab  | 7,50 a | 7,50 a  | 11,25 a |
| 1000                         | 5,00 a  | 8,75 ab | 3,75 a  | 6,25 a | 17,50 a   | 7,50 a | 8,75 a  | 6,25 a  |
| 2000                         | 5,00 a  | 0,00 b  | 2,50 a  | 1,25 a | 22,50 a   | 6,25 a | 6,25 a  | 7,50 a  |
| CV (%)                       | 42,90   |         |         |        |           |        |         |         |

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste deTukey a 5% de probabilidade.

## 4.2 NÚMERO E COMPRIMENTO DE RAÍZES EMITIDAS POR ESTACA

Para as variáveis número e comprimento médio de raízes emitidas por estaca, não houve interação significativa entre os fatores estações do ano, concentrações de AIB e aquecimento do substrato.

A estação do ano mais favorável à emissão e ao crescimento de raízes foi o verão, para todas as cultivares (Tabela 7). No verão, o número de raízes emitidas por estaca foi superior ao encontrado nas demais estações, em média 7,5 raízes na cultivar Powderblue, 5,6 na Bluegem e 3,3 na Bluebelle. O comprimento das raízes também foi superior, no verão, para as cultivares Powderblue e Bluegem, e, no verão e na primavera, na Bluebelle, que apresentou menor comprimento médio que as outras cultivares.

O menor crescimento das raízes da cultivar Bluebelle também foi observado, em comparação à cultivar Delite (Fischer et al., 2008a).

A aplicação de AIB teve efeito significativo no número de raízes na cultivar Powderblue (Tabela 8). O efeito positivo da aplicação de AIB no número de raízes foi observado em estacas lenhosas da cultivar Powderblue (Fischer et al., 2008b) e em estacas semilenhosas da cultivar Bluebelle (Fischer et al., 2008a).

**Tabela 7.** Número e comprimento de raízes emitidas por estaca das cultivares de mirtilheiro Bluegem, Bluebelle e Powderblue, tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico, em substrato com e sem aquecimento, sob efeito da estação do ano<sup>(1)</sup>.

| Estação    | Número de raízes por estaca | Comprimento de raízes (cm) |
|------------|-----------------------------|----------------------------|
| Bluegem    |                             |                            |
| Outono     | 2,3 c                       | 1,93 c                     |
| Inverno    | 2,9 bc                      | 1,33 d                     |
| Primavera  | 3,4 b                       | 3,52 b                     |
| Verão      | 5,6 a                       | 5,05 a                     |
| CV (%)     | 34,72                       | 25,32                      |
| Bluebelle  |                             |                            |
| Outono     | 2,2 b                       | 1,17 b                     |
| Inverno    | 2,1 b                       | 0,66 c                     |
| Primavera  | 2,6 b                       | 2,58 a                     |
| Verão      | 3,3 a                       | 2,85 a                     |
| CV (%)     | 35,51                       | 31,88                      |
| Powderblue |                             |                            |
| Outono     | 4,1 b                       | 1,41 c                     |
| Inverno    | 2,4 c                       | 1,63 c                     |
| Primavera  | 3,5 b                       | 4,24 b                     |
| Verão      | 7,5 a                       | 6,97 a                     |
| CV (%)     | 40,24                       | 22,84                      |

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Para o comprimento das raízes, todas as cultivares responderam à aplicação de AIB.

A cultivar Bluebelle apresentou menor número e comprimento de raízes em comparação às outras cultivares, o que também foi verificado por Fischer et al. (2008a) com estacas semilenhosas, em que o uso de 1.000 mg L<sup>-1</sup> de AIB promoveu maior número e comprimento de raízes.

O aquecimento do substrato praticamente não afetou o número e o comprimento das raízes. Constatou-se apenas efeito significativo para a cultivar Powderblue, em que o aquecimento aumentou o comprimento médio das raízes (Tabela 9).

Tabela 8. Número e comprimento de raízes emitidas por estaca das cultivares de mirtilheiro Bluegem, Bluebelle e PowderBlue, em substrato com e sem aquecimento, em quatro estações do ano, sob efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico<sup>(1)</sup>.

| AIB (mg.L <sup>-1</sup> ) | Número de raízes por estaca | Comprimento de raízes (cm) |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| ‘Bluegem’                 |                             |                            |
| 0                         | 3,19 <sup>ns</sup>          | 2,70 b                     |
| 250                       | 3,43                        | 2,81 ab                    |
| 500                       | 3,53                        | 2,83 ab                    |
| 1000                      | 3,65                        | 3,15 ab                    |
| 2000                      | 3,97                        | 3,30 a                     |
| CV (%)                    | 34,72                       | 25,32                      |
| ‘Bluebelle’               |                             |                            |
| 0                         | 2,25 <sup>ns</sup>          | 1,66 <sup>ns</sup>         |
| 250                       | 2,44                        | 1,85                       |
| 500                       | 2,53                        | 1,63                       |
| 1000                      | 2,60                        | 1,91                       |
| 2000                      | 2,81                        | 2,01                       |
| CV (%)                    | 35,51                       | 31,88                      |
| ‘Powderblue’              |                             |                            |
| 0                         | 3,78 b                      | 3,21 b                     |
| 250                       | 3,75 b                      | 3,17 b                     |
| 500                       | 4,20 ab                     | 3,29 b                     |
| 1000                      | 4,94 ab                     | 3,63 ab                    |
| 2000                      | 5,26 a                      | 3,93 a                     |
| CV (%)                    | 40,24                       | 22,84                      |

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

<sup>ns</sup>Não significativo.

**Tabela 9.** Número e comprimento de raízes emitidas por estaca das cultivares Bluegem, Bluebelle e Powderblue de mirtilheiro tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico, nas quatro estações do ano, sob efeito do aquecimento do substrato<sup>(1)</sup>.

| Aquecimento | Número de raízes por estaca | Comprimento de raízes (cm) |
|-------------|-----------------------------|----------------------------|
| Bluegem     |                             |                            |
| Sem         | 3,4 <sup>ns</sup>           | 2,8 a                      |
| Com         | 3,7                         | 3,1 a                      |
| CV (%)      | 34,72                       | 25,32                      |
| Bluebelle   |                             |                            |
| Sem         | 2,41 <sup>ns</sup>          | 1,7 <sup>ns</sup>          |
| Com         | 2,63                        | 1,8                        |
| CV (%)      | 35,51                       | 31,88                      |
| Powderblue  |                             |                            |
| Sem         | 4,1 a                       | 3,3 b                      |
| Com         | 4,6 a                       | 3,6 a                      |
| CV (%)      | 40,24                       | 22,84                      |

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

<sup>ns</sup>Não significativo.



## 5. CONCLUSÕES

Em função das condições em que foram obtidos os resultados deste trabalho, foi possível concluir que:

- 1. As cultivares Bluegem e Powderblue sofrem influência da época de coleta de estacas, e o verão é a melhor estação de coleta.**
- 2. O ácido indolbutírico, na concentração de 2.000 mg L<sup>-1</sup>, aumenta o enraizamento de estacas das cultivares Bluegem e Powderblue.**
- 3. O aquecimento do substrato melhora o enraizamento das estacas coletadas no outono e no inverno, nas cultivares Bluegem, Bluebelle e Powderblue, e, também, das estacas coletadas no verão e na primavera, na cultivar Bluebelle.**

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, L. R.; CARVALHO, V.D. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n. 101, p. 47-55, 1983.
- ANTUNES, L.E.C.; GONÇALVES, E.D.; TREVISAN, R.; RISTOW, N. C. Propagação. In: RASEIRA, M. do C.B. & ANTUNES, L.E.C. (Ed.). **Cultivo do mirtilo (*Vaccinium spp*)**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. p. 44- 51. 2006. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de produção 8).
- ANTUNES, L.E.C.; GONÇALVES, E.D.; RISTOW, N.C.; CARPENEDO, S.; TREVISAN, R. Fenologia, produção e qualidade de frutos de mirtilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1011-1015, 2008. DOI: 10.1590/S0100-204X2008000800009. BEAKBANE, A. B. Structure of the plant stem in relation to adventitious rooting. *Nature*, v. 192, p. 954-955, 1961.
- BANADOS, M.P. Blueberry production in South America. **Acta Horticulturae**, v.715, p.165-172, 2006.
- BECCARO, G.; MELLANO, M.G.; BOTTA, R.; CHIABRANDO, V.; BOUNOUS, G. Phenolic and anthocyanin content and antioxidant activity in fruits of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and of highbush bl eberry (*V. corymbosum* L.) cultivars in North Western Italy. **Acta Horticulturae**, v.715, p.553-557, 2006.
- BERTOLOTI, G.; GONÇALVES, A.N. Enraizamento de estacas: especificações técnicas para construção do modulo de propagação. Piracicaba, SP: IPE, **Circular Técnica** n. 94, 1980, 8 p.
- BORDIN, I.; HIDALGO, P.C.; BÜRKLE, R.; ROBERTO, S.R. Efeito da presença da folha no enraizamento de estacas semilenhosas de porta-enxertos de videira. **Ciência Rural**, v.35, p.215-218, 2005. DOI: 10.1590/S0103-84782005000100035.
- BOUNOUS, G. et al. Tecniche di produzione del mirtilo gigante in Itália. **Rivista di Frutticoltura e Ortofloricoltura**, Bologna, n. 11 p. 24-30, 2003
- CABALLERO, J.M.; DEL RÍO, C. Propagação da oliveira por enraizamento de estacas semi-lenhosas sob nebulização. **Informe Agropecuário**: v.27, p.33-38, 2006.
- DAMIANI, C.R.; SCHUCH, M.W. Enraizamento in vitro de mirtilo em condições fotoautotróficas. **Ciência Rural**, v.39, p.1012-1017, 2009. DOI: 10.1590/S0103-84782009005000031.
- FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G.R.L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2.ed., Pelotas: Editora UFPel, 1995. 179p.
- FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Propagação vegetativa por estaquia**. In: FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C. (Ed). Propagação de plantas frutíferas, Brasília: EMBRAPA, 2005. p. 69-108.

FACHINELLO, J. C. Mirtilo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n.2, p. 0-0, jun. 2008.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., São Carlos, 2000. **Proceedings...** São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 2000. p. 255-258.

FERRIANI, A.P.; MAYER, J.L.S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; BONA, C.; KOEHLER, H.S.; DESCHAMPS, C.; CARPANEZZI, A.A.; OLIVEIRA, M. de C. Estaquia e Anatomia de Vassourão-Branco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.159-166, 2008.

FISCHER, D. L. de O.; FACHINELLO, J.C.; ANTUNES, L.E.C.; TIMM, C.R.F.; GIACOBBO, L.C. Enraizamento de estacas semilenhosas de mirtilo sob efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 557-559, 2008. DOI: 10.1590/S0100-29452008000200051.

FISCHER, D.L. de O.; FACHINELLO, J.C.; ANTUNES, L.E.C.; TOMAZ, Z.F.P.; GIACOBBO, C.L. Efeito do ácido indolbutírico e da cultivar no enraizamento de estacas lenhosas de mirtilo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.285-289, 2008b. DOI: 10.1590/S0100-29452008000200003.

FOCHESATO, M.L.; MARTINS, F.T.; SOUZA, P.V.D.; SCHWARZ, S.F.; BARROS, I.B.I. Propagação de louro (*Laurus nobilis* L.) por estacas semilenhosas com diferentes quantidades de folhas e tratadas com ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.8, p.72-77, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food and agricultural commodities production**. FAO, 2008. Available at: <<http://faostat.fao.org/site/default.aspx>>. Access on: 18 ago. 2010.

FORTES, A. M. T. **Efeito das auxinas e ácido bórico em dois métodos de aplicação no enraizamento de estacas de rosa**. 1998. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita, Botucatu, 1998.

FREIRE, C. J. da S. R. Nutrição e adubação para o mirtilo. In: RASEIRA, M. do C.B. & ANTUNES, L.E.C. (Ed.). **Cultivo do mirtilo (*Vaccinium* spp)**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. p. 60-74. 2006. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de produção 8).

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N.; COUTO, L. Produção de mudas de Eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 185, p. 15-23, Viçosa, 1996.

GOULARD, P.B. **Desenvolvimento de metodologia para enraizamento de estacas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC) MacLeisch**. 2003. 32f. Monografia (Departamento de Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.

HOFFMANN, A.; FACHINELLO, J. C.; SANTOS, A. M. dos. Enraizamento de estacas de duas cultivares de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 7-11, 1995.

INIA. Estación experimental carillanca. **El cultivo del arándano**. Programa Frutales y Vinãs. Temuco, 1988. (Serie Carillanca, 2).

KLUGE, R.A.; HOFFMANN, A.; BILHALVA, A.B. Comportamento de frutos de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) cv. Powder Blue em armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 281-285, 1994.

LIMA, D.M. de; ALCANTARA, G.B. de; FOGAÇA, L.A.; QUOIRIN, M.; CUQUEL, F.L.; BIASI, L.A. Influência de estípulas foliáceas e do número de folhas no enraizamento de estacas semilenhosas de maracujazeiro amarelo nativo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.29, p.671-676, 2007. DOI: 10.4025/actasciagron.v29i5.744.

MADAIL, J.C.M.; SANTOS, A.M. dos. Aspectos económicos do mirtilo. In: RASEIRA, M. do C.B.; ANTUNES, L.E.C. (Ed.). **Cultivo do mirtilo (*Vaccinium spp*)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. p.93-96. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de produção, 8).

MARTINUSSEN, I.; NILSEN, H.; ROTHE, G.; LUND, L.; KAPP, K. Seasonal variations in rooting of lingonberry (*Vaccinium Vitis-idaea* L.) cuttings. **Acta Horticulturae**, v.715, p.439-442, 2006.

OLIVEIRA, A.F. de; RINCÓN, C. del R. A oliveira e sua propagação. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 23, n. 216, p. 41-48, 2002.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83 p.

PAGOT, E.; HOFFMANN, A. Produção de pequenas frutas no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 1., 2003, Vacaria, RS. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p.9-17. (Documentos 37).

PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M. R. do; SILVA, C. R. de R. e. **Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 137p.

PASSARDI, F.; COSIO, C.; PENEL, C.; DUNAND, C. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. *Plant Cell Reports*, v.24, p.255-265, 2005. DOI: 10.1007/s00299-005-0972-6.

PILLER, G.; FUKUSHIMA, M.; BROOM, F.; IWAHORI, S. A carbon based model of adventitious root formation: examples from blueberry propagation. **Acta Horticulturae**, v.574, p.393-399, 2002.

RASEIRA, M. do C.B. Descrição da planta, melhoramento genético e cultivares. In: RASEIRA, M. do C.B. & ANTUNES, L.E.C. (Ed.). **Cultivo do mirtilo (*Vaccinium spp*)**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. p. 21-43. 2006. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de produção 8).

SCHUCH, M.W.; DAMIANI, C.R.; SILVA, L.C. da; ERIG, A.L. Micropropagação como técnica de rejuvenescimento em mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) cultivar climax. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.814-820, 2008. DOI: 10.1590/S1413-70542008000300017.

SCHUCH, M.W.; DE ROSSI, A.; DAMIANI, C.R.; SOARES, G.C. Aib e substrato na produção de mudas de mirtilo cv. "Climax" através de microestaquia. **Ciência Rural**, v.37, p.1446-1449, 2007. DOI: 10.1590/S0103-84782007000500036.

TREVISAN, R.; FRANZON, R.C.; FRITSCH NETO, R.; GONÇALVES, R. da S.; GONÇALVES, E.D.; ANTUNES, L.E.C. Enraizamento de estacas herbáceas de mirtilo: influência da lesão na base e do ácido indolbutírico. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, p.402-406, 2008. DOI: 10.1590/S1413-70542008000200009

WAGNER JÚNIOR, A.; COUTO, M.; RASEIRA, M. do C.B.; FRANZON, R.C. Efeito da lesão basal e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas herbáceas de quatro cultivares de mirtilo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, p.251-253, 2004.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de plantas**. Apostila UFV, Viçosa, 1997, 61p.

WILLIAMSON, J. G.; MILLER, E.P. Effects of fertilizer rate and form on vegetative growth and yield of southern highbush blueberry in pine bark culture. *HortTechnology*, Alexandria, v. 19, p. 152-157, 2009

ZANETTE, F. **Guia prático de estaquia mergulhia**. Vídeo Par, DVD, 2005.

ZHANG, Z.; LIU, H.; WU, L.; WU, L.; LI, Y. Technical system of blueberry micropropagation in China. **Acta Horticulturae**, v.715,p.421-425, 2006.

## ANEXOS

ANEXO 1. Quadro de análise de variância da porcentagem de enraizamento de estacas de mirtilo cv. Bluebelle.

| FV                    | GL  | SM          | QM          | Fc     | P valor |
|-----------------------|-----|-------------|-------------|--------|---------|
| Época                 | 3   | 925.625000  | 308.541667  | 4.382  | 0.0058  |
| AIB                   | 4   | 508.437500  | 127.109375  | 1.805  | 0.1323  |
| Aquecimento           | 1   | 1210.000000 | 1210.000000 | 17.183 | 0.0001  |
| Época*AIB             | 12  | 1054.062500 | 87.838542   | 1.247  | 0.2592  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 2328.750000 | 776.250000  | 11.024 | 0.0000  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 82.187500   | 20.546875   | 0.292  | 0.8828  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 310.312500  | 25.859375   | 0.367  | 0.9725  |
| Erro                  | 120 | 8450.000000 | 70.416667   |        |         |
| Total                 | 159 |             |             |        |         |

ANEXO 2. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas com calo de mirtilo cv. Bluebelle.

| FV                    | GL  | SM          | QM         | Fc     | P valor |
|-----------------------|-----|-------------|------------|--------|---------|
| Época                 | 3   | 1422.968750 | 474.322917 | 23.056 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 211.562500  | 52.890625  | 2.571  | 0.0413  |
| Aquecimento           | 1   | 150.156250  | 150.156250 | 7.299  | 0.0079  |
| Época*AIB             | 12  | 474.687500  | 39.557292  | 1.923  | 0.0379  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 685.468750  | 228.489583 | 11.106 | 0.0000  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 205.312500  | 51.328125  | 2.495  | 0.0465  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 480.937500  | 40.078125  | 1.948  | 0.0351  |
| Erro                  | 120 | 2468.750000 | 20.572917  |        |         |
| Total                 | 159 | 6099.843750 |            |        |         |

ANEXO 3. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas vivas de mirtilo cv. Bluebelle.

| FV                    | GL  | SM           | QM           | Fc      | P valor |
|-----------------------|-----|--------------|--------------|---------|---------|
| Época                 | 3   | 30326.718750 | 10108.906250 | 130.001 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 138.125000   | 34.531250    | 0.444   | 0.7765  |
| Aquecimento           | 1   | 701.406250   | 701.406250   | 9.020   | 0.0033  |
| Época*AIB             | 12  | 1175.625000  | 97.968750    | 1.260   | 0.2514  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 2739.218750  | 913.072917   | 11.742  | 0.0000  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 246.250000   | 61.562500    | 0.792   | 0.5328  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 647.500000   | 53.958333    | 0.694   | 0.7547  |
| Erro                  | 120 | 9331.250000  | 77.760417    |         |         |
| Total                 | 159 | 45306.093750 |              |         |         |

ANEXO 4. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas mortas de mirtilo cv. Bluebelle.

| FV                    | GL  | SM           | QM           | Fc      | P valor |
|-----------------------|-----|--------------|--------------|---------|---------|
| Época                 | 3   | 32798.750000 | 10932.916667 | 171.217 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 617.812500   | 154.453125   | 2.419   | 0.0522  |
| Aquecimento           | 1   | 15.625000    | 15.625000    | 0.245   | 0.6217  |
| Época*AIB             | 12  | 1299.687500  | 108.307292   | 1.696   | 0.0757  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 1218.125000  | 406.041667   | 6.359   | 0.0005  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 85.937500    | 21.484375    | 0.336   | 0.8529  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 411.562500   | 34.296875    | 0.537   | 0.8867  |
| Erro                  | 120 | 7662.500000  | 63.854167    |         |         |
| Total                 | 159 | 44110.000000 |              |         |         |

ANEXO 5. Quadro de análise de variância do número de raízes emitidas por estacas de mirtilo cv. Bluebelle.

| FV                    | GL  | SM         | QM        | Fc     | P valor |
|-----------------------|-----|------------|-----------|--------|---------|
| Época                 | 3   | 34.670882  | 11.556961 | 14.386 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 5.416629   | 1.354157  | 1.686  | 0.1577  |
| Aquecimento           | 1   | 1.991391   | 1.991391  | 2.479  | 0.1180  |
| Época*AIB             | 12  | 4.128171   | 0.344014  | 0.428  | 0.9495  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 0.248507   | 0.082836  | 0.103  | 0.9587  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 0.190344   | 0.047586  | 0.059  | 0.9934  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 0.190344   | 0.194316  | 0.242  | 0.9956  |
| Erro                  | 120 | 96.399375  | 0.803328  |        |         |
| Total                 | 159 | 145.377094 |           |        |         |

ANEXO 6. Quadro de análise de variância do comprimento de raízes emitidas por estacas de mirtilo cv. Bluebelle.

| FV                    | GL  | SM         | QM        | Fc      | P valor |
|-----------------------|-----|------------|-----------|---------|---------|
| Época                 | 3   | 135.921427 | 45.307142 | 135.714 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 3.374671   | 0.843668  | 2.527   | 0.0442  |
| Aquecimento           | 1   | 0.625000   | 0.625000  | 1.872   | 0.1738  |
| Época*AIB             | 12  | 4.481004   | 0.373417  | 1.119   | 0.3516  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 0.496580   | 0.165527  | 0.496   | 0.6858  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 0.444744   | 0.111186  | 0.333   | 0.8553  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 1.363301   | 0.113608  | 0.340   | 0.9799  |
| Erro                  | 120 | 40.061150  | 0.333843  |         |         |
| Total                 | 159 | 186.767877 |           |         |         |

ANEXO 7. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas enraizadas de mirtilo cv. Bluegem.

| FV                    | GL  | SM           | QM           | Fc      | P valor |
|-----------------------|-----|--------------|--------------|---------|---------|
| Época                 | 3   | 41746.718750 | 13915.572917 | 142.800 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 2529.687500  | 632.421875   | 6.490   | 0.0001  |
| Aquecimento           | 1   | 1182.656250  | 1182.656250  | 12.136  | 0.0007  |
| Época*AIB             | 12  | 804.062500   | 67.005208    | 0.688   | 0.7607  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 241.718750   | 80.572917    | 0.827   | 0.4815  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 363.437500   | 90.859375    | 0.932   | 0.4477  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 1002.812500  | 83.567708    | 0.858   | 0.5916  |
| Erro                  | 120 | 11693.750000 | 97.447917    |         |         |
| Total                 | 159 | 59564.843750 |              |         |         |

ANEXO 8. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas com calo de mirtilo cv. Bluegem.

| FV                    | GL  | SM          | QM         | Fc     | P valor |
|-----------------------|-----|-------------|------------|--------|---------|
| Época                 | 3   | 1716.718750 | 572.239583 | 24.801 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 305.312500  | 76.328125  | 3.308  | 0.0131  |
| Aquecimento           | 1   | 56.406250   | 56.406250  | 2.445  | 0.1206  |
| Época*AIB             | 12  | 312.187500  | 26.015625  | 1.128  | 0.3445  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 47.968750   | 15.989583  | 0.693  | 0.5580  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 11.562500   | 2.890625   | 0.125  | 0.9731  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 80.937500   | 6.744792   | 0.292  | 0.9896  |
| Erro                  | 120 | 2768.750000 | 23.072917  |        |         |
| Total                 | 159 | 5299.843750 |            |        |         |

ANEXO 9. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas vivas de mirtilo cv. Bluegem.

| FV                    | GL  | SM           | QM          | Fc     | P valor |
|-----------------------|-----|--------------|-------------|--------|---------|
| Época                 | 3   | 11125.625000 | 3708.541667 | 66.175 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 106.875000   | 26.718750   | 0.477  | 0.7527  |
| Aquecimento           | 1   | 62.500000    | 62.500000   | 1.115  | 0.2931  |
| Época*AIB             | 12  | 1155.625000  | 96.302083   | 1.718  | 0.0709  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 1928.750000  | 642.916667  | 11.472 | 0.0000  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 46.875000    | 11.718750   | 0.209  | 0.9329  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 1343.125000  | 111.927083  | 1.997  | 0.0300  |
| Erro                  | 120 | 6725.000000  | 56.041667   |        |         |
| Total                 | 159 | 22494.375000 |             |        |         |



ANEXO 10. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas mortas de mirtilo cv. Bluegem.

| FV                    | GL  | SM           | QM           | Fc      | P valor |
|-----------------------|-----|--------------|--------------|---------|---------|
| Época                 | 3   | 60408.750000 | 20136.250000 | 326.534 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 1702.500000  | 425.625000   | 6.902   | 0.0000  |
| Aquecimento           | 1   | 390.625000   | 390.625000   | 6.334   | 0.0132  |
| Época*AIB             | 12  | 878.750000   | 73.229167    | 1.188   | 0.2997  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 1558.125000  | 519.375000   | 8.422   | 0.0000  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 209.375000   | 52.343750    | 0.849   | 0.4970  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 1991.875000  | 165.989583   | 2.692   | 0.0030  |
| Erro                  | 120 | 7400.000000  | 61.666667    |         |         |
| Total                 | 159 | 74540.000000 |              |         |         |

ANEXO 11. Quadro de análise de variância do número de raízes emitidas por estacas de mirtilo cv. Bluegem.

| FV                    | GL  | SM         | QM        | Fc     | P valor |
|-----------------------|-----|------------|-----------|--------|---------|
| Época                 | 3   | 254.964263 | 84.988088 | 55.770 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 10.651481  | 2.662870  | 1.747  | 0.1440  |
| Aquecimento           | 1   | 1.840410   | 1.840410  | 1.208  | 0.2740  |
| Época*AIB             | 12  | 6.026969   | 0.502247  | 0.330  | 0.9825  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 5.302845   | 1.767615  | 1.160  | 0.3280  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 0.686046   | 0.171512  | 0.113  | 0.9779  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 3.057924   | 0.254827  | 0.167  | 0.9993  |
| Erro                  | 120 | 182.866800 | 1.523890  |        |         |
| Total                 | 159 | 465.396738 |           |        |         |

ANEXO 12. Quadro de análise de variância do comprimento de raízes emitidas por estacas de mirtilo cv. Bluegem.

| FV                    | GL  | SM         | QM         | Fc      | P valor |
|-----------------------|-----|------------|------------|---------|---------|
| Época                 | 3   | 336.677063 | 112.225688 | 200.261 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 8.460225   | 2.115056   | 3.774   | 0.0063  |
| Aquecimento           | 1   | 1.931603   | 1.931603   | 3.447   | 0.0658  |
| Época*AIB             | 12  | 1.276675   | 0.106390   | 0.190   | 0.9987  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 0.548382   | 0.182794   | 0.326   | 0.8067  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 0.553748   | 0.138437   | 0.247   | 0.9110  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 3.006543   | 0.250545   | 0.447   | 0.9406  |
| Erro                  | 120 | 67.247600  | 0.560397   |         |         |
| Total                 | 159 | 419.701838 |            |         |         |

ANEXO 13. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas enraizadas de mirtilo cv. Powderblue.

| FV                    | GL  | SM           | QM           | Fc     | P valor |
|-----------------------|-----|--------------|--------------|--------|---------|
| Época                 | 3   | 37907.968750 | 12635.989583 | 89.956 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 4038.437500  | 1009.609375  | 7.187  | 0.0000  |
| Aquecimento           | 1   | 4357.656250  | 4357.656250  | 31.022 | 0.0000  |
| Época*AIB             | 12  | 1174.062500  | 97.838542    | 0.697  | 0.7522  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 2927.968750  | 975.989583   | 6.948  | 0.0002  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 107.187500   | 26.796875    | 0.191  | 0.9428  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 560.312500   | 46.692708    | 0.332  | 0.9818  |
| Erro                  | 120 | 16856.250000 | 140.468750   |        |         |
| Total                 | 159 | 67929.843750 |              |        |         |

ANEXO 14. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas com calo de mirtilo cv. Powderblue.

| FV                    | GL  | SM          | QM         | Fc     | P valor |
|-----------------------|-----|-------------|------------|--------|---------|
| Época                 | 3   | 2289.218750 | 763.072917 | 23.900 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 255.312500  | 63.828125  | 1.999  | 0.0990  |
| Aquecimento           | 1   | 237.656250  | 237.656250 | 7.444  | 0.0073  |
| Época*AIB             | 12  | 377.187500  | 31.432292  | 0.985  | 0.4676  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 964.218750  | 321.406250 | 10.067 | 0.0000  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 89.687500   | 22.421875  | 0.702  | 0.5919  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 355.312500  | 29.609375  | 0.927  | 0.5222  |
| Erro                  | 120 | 3831.250000 | 31.927083  |        |         |
| Total                 | 159 | 8399.843750 |            |        |         |

ANEXO 15. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas vivas de mirtilo cv. Powderblue.

| FV                    | GL  | SM           | QM          | Fc     | P valor |
|-----------------------|-----|--------------|-------------|--------|---------|
| Época                 | 3   | 6496.718750  | 2165.572917 | 38.895 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 275.937500   | 68.984375   | 1.239  | 0.2981  |
| Aquecimento           | 1   | 1293.906250  | 1293.906250 | 23.239 | 0.0000  |
| Época*AIB             | 12  | 997.812500   | 83.151042   | 1.493  | 0.1357  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 1365.468750  | 455.156250  | 8.175  | 0.0000  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 289.687500   | 72.421875   | 1.301  | 0.2737  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 941.562500   | 78.463542   | 1.409  | 0.1708  |
| Erro                  | 120 | 6681.250000  | 55.677083   |        |         |
| Total                 | 159 | 18342.343750 |             |        |         |

ANEXO 16. Quadro de análise de variância da porcentagem de estacas mortas de mirtilo cv. Powderblue.

| FV                    | GL  | SM           | QM           | Fc      | P valor |
|-----------------------|-----|--------------|--------------|---------|---------|
| Época                 | 3   | 55651.718750 | 18550.572917 | 365.304 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 1472.500000  | 368.125000   | 7.249   | 0.0000  |
| Aquecimento           | 1   | 2066.406250  | 2066.406250  | 40.692  | 0.0000  |
| Época*AIB             | 12  | 366.250000   | 30.520833    | 0.601   | 0.8378  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 1594.218750  | 531.406250   | 10.465  | 0.0000  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 471.875000   | 117.968750   | 2.323   | 0.0605  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 489.375000   | 40.781250    | 0.803   | 0.6467  |
| Erro                  | 120 | 6093.750000  | 50.781250    |         |         |
| Total                 | 159 | 68206.093750 |              |         |         |

ANEXO 17. Quadro de análise de variância do número de raízes emitidas por estaca de mirtilo cv. Powderblue.

| FV                    | GL  | SM          | QM         | Fc     | P valor |
|-----------------------|-----|-------------|------------|--------|---------|
| Época                 | 3   | 576.520272  | 192.173424 | 61.591 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 59.879160   | 14.969790  | 4.798  | 0.0013  |
| Aquecimento           | 1   | 8.221956    | 8.221956   | 2.635  | 0.1071  |
| Época*AIB             | 12  | 43.766325   | 3.647194   | 1.169  | 0.3131  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 14.002412   | 4.667471   | 1.496  | 0.2192  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 7.222622    | 1.805656   | 0.579  | 0.6786  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 17.468022   | 1.455669   | 0.467  | 0.9306  |
| Erro                  | 120 | 374.416625  | 3.120139   |        |         |
| Total                 | 159 | 1101.497394 |            |        |         |

ANEXO 18. Quadro de análise de variância do comprimento de raízes emitidas por estacas de mirtilo cv. Powderblue.

| FV                    | GL  | SM         | QM         | Fc      | P valor |
|-----------------------|-----|------------|------------|---------|---------|
| Época                 | 3   | 896.930092 | 298.976697 | 482.382 | 0.0000  |
| AIB                   | 4   | 13.537816  | 3.384454   | 5.461   | 0.0004  |
| Aquecimento           | 1   | 3.984766   | 3.984766   | 6.429   | 0.0125  |
| Época*AIB             | 12  | 6.549824   | 0.545819   | 0.881   | 0.5684  |
| Época*Aquecimento     | 3   | 0.95779    | 0.319266   | 0.515   | 0.6725  |
| AIB*Aquecimento       | 4   | 0.160794   | 0.040198   | 0.065   | 0.9922  |
| Época*AIB*Aquecimento | 12  | 1.012506   | 0.084376   | 0.136   | 0.9998  |
| Erro                  | 120 | 74.375075  | 0.619792   |         |         |
| Total                 | 159 | 997.508669 |            |         |         |